

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-350923

(43)公開日 平成11年(1999)12月21日

(51)Int.Cl.<sup>4</sup>

F 0 1 L 1/08

F 0 2 D 13/00

識別記号

F I

F 0 1 L 1/08

F 0 2 D 13/00

A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平10-165475

(22)出願日 平成10年(1998) 6 月12日

(71)出願人 000010076

ヤマハ発動機株式会社

静岡県磐田市新貝2500番地

(72)発明者 飯田 実

静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機  
株式会社内

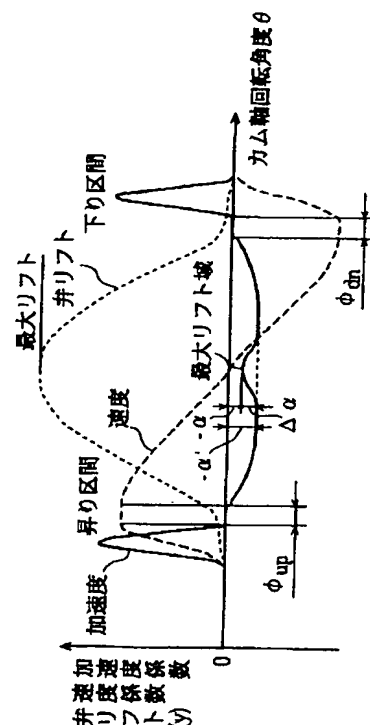
(74)代理人 弁理士 下市 努

(54)【発明の名称】 エンジンの動弁装置

(57)【要約】

【課題】 上記開発に係るカムプロファイルを吸気カムノーズ、排気カムノーズのいずれか一方あるいは両方に適用する場合に、より一層高速回転域での弁の挙動を安定化できるとともに耐久性を向上でき、さらにエンジンのコンパクト化を図ることができるエンジンの動弁装置を提供する。

【解決手段】 最大弁リフト付近における加速度係数 $y''$ の絶対値が進角側及び遅角側に隣接する弁リフト域での加速度係数 $y''$ の絶対値より小さくなるようにするか、又は最大弁リフト付近での曲率半径が進角側及び遅角側に隣接する弁リフト域での曲率半径より大きくなるように、かつ弁リフトが増加する区間（昇り区間）、減少する区間（下り区間）の少なくとも何れか一方に弁リフト速度が最大でかつ一定となる等速度区間を有するように設定された排気カムプロファイル、吸気カムプロファイルの少なくとも一方を有するカム軸36を備えた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 最大弁リフト付近における加速度係数の絶対値が進角側及び遅角側に隣接する弁リフト域での加速度係数の絶対値より小さくなるようにするか、又は最大弁リフト付近での曲率半径が進角側及び遅角側に隣接する弁リフト域での曲率半径より大きくなるように、かつ弁リフトが増加する区間（昇り区間）、減少する区間（下り区間）の少なくとも何れか一方に弁リフト速度が最大でかつ一定となる等速度区間を有するように設定された排気カムプロフィール、吸気カムプロフィールの少なくとも一方を有するカム軸を備えたことを特徴とするエンジンの動弁装置。

【請求項 2】 請求項 1 において、昇り区間、及び下り区間に等速度区間を有し、昇り区間、下り区間の等速度区間長さを  $\phi_{up}$ 、 $\phi_{dn}$  とする時、  
 $\phi_{up} > \phi_{dn}$

となるように設定された排気カムプロフィール、吸気カムプロフィールの少なくとも一方を有するカム軸を備えたことを特徴とするエンジンの動弁装置。

【請求項 3】 請求項 2 において、昇り区間、下り区間の加速度最大値を  $\alpha_{up}$ 、 $\alpha_{dn}$  とする時、  
 $\alpha_{up} > \alpha_{dn}$

となるように設定された排気カムプロフィール、吸気カムプロフィールの少なくとも一方を有するカム軸を備えたことを特徴とするエンジンの動弁装置。

【請求項 4】 請求項 3 において、昇り区間、下り区間の正加速度区間長さを  $\theta_{0up}$ 、 $\theta_{0dn}$  とする時、  
 $\theta_{0up} < \theta_{0dn}$

となるように設定された排気カムプロフィール、吸気カムプロフィールの少なくとも一方を有するカム軸を備えたことを特徴とするエンジンの動弁装置。

【請求項 5】 請求項 3 において、昇り区間、下り区間の区間長さを  $\theta_{1up}$ 、 $\theta_{1dn}$  とする時、  
 $\theta_{1up} < \theta_{1dn}$

となるように設定された排気カムプロフィール、吸気カムプロフィールの少なくとも一方を有するカム軸を備えたことを特徴とするエンジンの動弁装置。

【請求項 6】 請求項 5 において、昇り区間、下り区間の正加速度区間長さを  $\theta_{0up}$ 、 $\theta_{0dn}$  とする時、  
 $\theta_{0up} < \theta_{0dn}$

となるように設定された排気カムプロフィール、吸気カムプロフィールの少なくとも一方を有するカム軸を備えたことを特徴とするエンジンの動弁装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、4 サイクルエンジンの排気弁、吸気弁を開閉駆動する動弁装置に関し、詳細には耐久性、作動の安定性を向上でき、エンジンのコンパクト化を図ることができるようにしたカムプロフィールの改善に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 4 サイクルエンジンの動弁装置は、排気カムノーズ、吸気カムノーズによりリフタ、ロッカアーム等を介して排気弁、吸気弁をクランク軸の回転に同期して開閉させるためのものである。

【0003】 従来のカム軸のカムノーズは、例えば図 15 に示すカム軸回転角—弁リフト（揚程）曲線  $y$ 、単位角速度でカム軸が回転するとしての各々カム軸回転角に対する速度係数曲線  $y'$ 、及び加速度係数曲線  $y''$  を有するカムプロフィールを備えたものが一般的である。

【0004】 このカム軸のカムノーズは、ベース円部と、実際に弁を開閉駆動するリフト部とからなり、ベース円部はカム軸心を中心とする半径  $R_0$  の一定の円形をなすように設定されている。一方リフト部は、弁リフトを、カムが直接あるいはロッカアーム等を介して弁を押し始めるまでのランプ部及び弁の開き始め付近では緩やかに増加させ、続いて放物線状に増加減少させ、弁の閉じ終わり付近及び弁が弁座に着座するカム軸回転角以降のランプ部では再び緩やかに減少させるように、そのカムプロフィールが設定されている。

【0005】 このようなカムプロフィールを有することから、上記従来のカム軸の速度係数曲線  $y'$ （カム軸回転角度を変数とする弁リフト曲線を微分しさらにカム軸が単位角速度で回転するとしてリフト方向の速度を算出して求めたもの）は、弁リフトの上記放物線的増加域で正側最大値を示し、最大リフト域で正側から負側に反転し、上記放物線的減少域で負側最大値を示す。

【0006】 また加速度係数曲線  $y''$ （速度係数曲線  $y'$  をさらにカム軸回転角度で微分して得られたもの）は、弁リフトの放物線的増加開始域、減少終了域近傍でそれぞれ正側の最大値を示し、その間の領域では最大リフト域で負側の最大値を示しかつ連続的に緩やかに変化している。

【0007】 上記従来のカム軸の場合、上記加速度係数曲線  $y''$  から判るように、加速度係数は最大リフト域で負側の最大値を示す。そのため最大リフト付近でのカムノーズとリフタあるいはロッカアームとの間に作用する荷重が小さくなり、エンジン回転を上昇させていくと両者の追従性が悪くなり、限界回転数を高くできない。

【0008】 またカムの曲率半径は、直動式の場合、等価カムリフトと加速度係数とベース円部の半径との和で表されるが、従来のカムプロフィールでは、最大リフト付近の加速度係数が負側の最大値を示すことから判るように、最大リフト付近の曲率半径が小さく設定されている。

【0009】 カム面に作用する荷重は、慣性マス（弁、弁ばねの一部、ロッカアームあるいはロッカーアーム、バルブリフター等からなる）と加速度との積による慣性力と、弁ばねの弾発力との和になる。一方カム面の応力は、円柱と平面の接触と考えることができるのでこの力

ム面に作用する荷重の平方根に比例するとともに、カム  
の曲率半径の平方根に反比例する。

【0010】従来のカムプロフィールの場合、カム軸の回  
転速度が低く加速度の影響が小さい低速、中速回転域で  
は、弁ばねの弾発力が最も大きくなるカム面の最大リフ  
ト部分の応力がカムプロフィール全体で見た場合に最大値  
を示すこととなる。このような従来のカムプロフィールを  
低速、中速回転が常用される自動車用エンジンの動弁装  
置に採用した場合、上述の最大リフト部分の応力が高い  
点が動弁装置全体の耐久性を低下させることとなる。

【0011】そこで本出願人は、最大リフト域における  
曲率半径を隣接するリフト域における曲率半径よりも大  
きく設定することにより、該最大リフト域における負側  
の加速度係数を小さくし、もって最大リフト付近でのカ  
ムノーズとリフタあるいはロッカアームとの間に作用す  
る荷重を大きくし、両者の追従性を向上させ、限界回転  
数を高くでき、また最大リフト付近でのカム面応力を低  
下させて動弁装置全体の耐久性を向上できるカムプロフ  
イルを開発している。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】ところで、最大リフト  
を大きくするには弁リフトの最大速度を大きくすることが  
効果的であると考えられる。一方弁リフトの最大速度  
は弁を押し動かすアームの長さとの正の相関関係がある。  
そのため最大速度を大きくするには、直動式の場合には  
リフタ径を大きくすることが必要となり、ロッカアーム  
式の場合にはスリッパ長さを大きくとることが必要とな  
る。そのためシリンダヘッドが大きくなったり、リフタ  
あるいはロッカアームが大きくなってこれらが重くな  
り、動弁系の慣性力が大きくなる等の問題が懸念され  
る。

【0013】本発明は、上記開発に係るカムプロフィール  
を吸気カムノーズ、排気カムノーズのいずれか一方ある  
いは両方に適用する場合に、より一層高速回転域での弁  
の挙動を安定化できるとともに耐久性を向上でき、さら  
にエンジンのコンパクト化を図ることができるエンジ  
ンの動弁装置を提供することを課題としている。

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、最大  
弁リフト付近における加速度係数の絶対値が進角側及び  
遅角側に隣接する弁リフト域での加速度係数の絶対値よ  
り小さくなるようにするか、又は最大弁リフト付近での  
曲率半径が進角側及び遅角側に隣接する弁リフト域での  
曲率半径より大きくなるように、かつ弁リフトが増加す  
る区間（昇り区間）、減少する区間（下り区間）の少な  
くとも何れか一方に弁リフト速度が最大でかつ一定とな  
る等速度区間を有するように設定された排気カムプロフ  
イル、吸気カムプロフィールの少なくとも一方を有するカ  
ム軸を備えたことを特徴としている。

【0015】請求項2の発明は、請求項1において、昇

り区間、及び下り区間に等速度区間を有し、昇り区間、  
下り区間の等速度区間長さを $\phi_{up}$ 、 $\phi_{dn}$ とする時、  
 $\phi_{up} > \phi_{dn}$

となるように設定された排気カムプロフィール、吸気カム  
プロフィールの少なくとも一方を有するカム軸を備えたこ  
とを特徴としている。

【0016】請求項3の発明は、請求項2において、昇  
り区間、下り区間の加速度最大値を $\alpha_{up}$ 、 $\alpha_{dn}$ とする  
時、

10  $\alpha_{up} > \alpha_{dn}$

となるように設定された排気カムプロフィール、吸気カム  
プロフィールの少なくとも一方を有するカム軸を備えたこ  
とを特徴としている。

【0017】請求項4の発明は、請求項3において、昇  
り区間、下り区間の正加速度区間長さを $\theta_{0up}$ 、 $\theta_{0dn}$   
とする時、

$\theta_{0up} < \theta_{0dn}$

となるように設定された排気カムプロフィール、吸気カム  
プロフィールの少なくとも一方を有するカム軸を備えたこ  
とを特徴としている。

20

【0018】請求項5の発明は、請求項3において、昇  
り区間、下り区間の区間長さを $\theta_{1up}$ 、 $\theta_{1dn}$ とする  
時、

$\theta_{1up} < \theta_{1dn}$

となるように設定された排気カムプロフィール、吸気カム  
プロフィールの少なくとも一方を有するカム軸を備えたこ  
とを特徴としている。

【0019】請求項6の発明は、請求項5において、昇  
り区間、下り区間の正加速度区間長さを $\theta_{0up}$ 、 $\theta_{0dn}$   
とする時、

$\theta_{0up} < \theta_{0dn}$

となるように設定された排気カムプロフィール、吸気カム  
プロフィールの少なくとも一方を有するカム軸を備えたこ  
とを特徴としている。

【0020】

【発明の作用効果】請求項1の発明によれば、最大弁リ  
フト付近における上記加速度係数の絶対値を進角側及び  
遅角側に隣接する弁リフト域での上記加速度係数の絶対  
値より小さくするか、又は最大弁リフト付近での曲率半  
径を進角側及び遅角側に隣接する弁リフト域での曲率半  
径より大きくしたので、最大弁リフト付近においてカム  
ノーズとリフタあるいはロッカアームとの間に作用する  
荷重が小さくならず、エンジン回転を上昇させていく時  
の両者の追従性の低下を防止できる。

【0021】また、最大弁リフト付近での曲率半径を進  
角側及び遅角側に隣接する弁リフト域での曲率半径より  
大きくしたので最大弁リフト付近での曲率半径の減少を  
防止でき、カム面の応力増加を防止できる。即ち、カム  
面の応力は曲率半径の平方根に反比例するので、カムノ  
ーズとリフタあるいはロッカアームとの間に作用する荷

重が小さくならないか却って大きくなっても、カム面の応力の増加を防止でき、動弁装置の耐久性の低下を防止できる。

【0022】また請求項1の発明によれば、昇り区間、下り区間の少なくとも何れか一方に弁速度が最大速度で一定となる等速度区間を設けたので、リフター径を大きくすることなく最大速度区間が長くなり、最大リフトを大きくすることができ、リフター径、ロッカアーム長さを大きくする必要がなく、エンジンの大型化、動弁径の慣性力の増大を回避できる。

【0023】ここで図12に基づいて、弁速度が最大速度で一定となる等速度区間を設けることによりリフター径を大きくすることなく最大速度区間が長くなり、最大リフトを大きくすることができる点をより詳細に説明する。

【0024】図13において、カムノーズのベース円半\*

$$\begin{aligned} & (y' + R_0)^2 + (dy'/d\theta)^2 \\ &= (X_0 \cos \theta + Y_0 \sin \theta)^2 + (-X_0 \sin \theta + Y_0 \cos \theta)^2 \\ &= X_0^2 + Y_0^2 \dots (3) \end{aligned}$$

式(3)より

$$(dy'/d\theta)^2 = (X_0^2 + Y_0^2) - (y' + R_0)^2 \dots (4)$$

ここで、

$$(y' + R_0)^2 = OP^2, \text{ および } X_0^2 + Y_0^2 = OQ^2$$

であるから、式(4)より

$$\begin{aligned} (dy'/d\theta)^2 &= (X_0^2 + Y_0^2) - (y' + R_0)^2 \\ &= OQ^2 - OP^2 \\ &= PQ^2 \end{aligned}$$

即ち、

$$\begin{aligned} PQ &= dy'/d\theta \\ &= dY/dQ \end{aligned}$$

となる。なお、Yはクランク軸回転角度Qに対する弁リフトであり、 $Y = \int v dQ$  である。本発明では、等速度区間を備えるように排気カムプロフィール、吸気カムプロフィールを設定したので、上記リフトの実質的な半径PQを一定としつつ弁リフトYを増加することができ、即ち、リフター径を大きくすることなく最大リフトを大きくすることができ、エンジンの大型化を回避しつつエンジン性能の向上を図ることができる。

【0025】また、エンジン的高速回転域での弁の挙動を正確にするには、弁リフトが減少する下り区間における加速度の変化を小さくすることが効果的であると考えられる。加速度と慣性力とは比例するため、加速度が急激に変化すると慣性力も急激に変化して、カム軸や弁軸の振動が引き起こされ、また弁ばねのサージングが発生し、これらにより高速回転域での挙動が不安定になる。また、着座時の加速度の急激な変化は弁の損傷の原因となるバウンス現象を引き起こす。

【0026】そこで、請求項2の発明によれば、下り区間の等速度区間長さ $\phi_{dn}$ を昇り区間の等速度区間長さ $\phi_{up}$ より小さくしたので、下り区間における加速度の変化

\* 径を $R_0$ 、カムノーズのリフタとの接触点Qの座標を $(X_0, Y_0)$ 、該リフトの実質的な半径をPQ、 $y'$ を弁リフトとすると、

$$\begin{aligned} \text{線分OPの長さ} &= y' + R_0 \\ &= OR + RP \end{aligned}$$

$\triangle ORX_0$  において、 $OR = X_0 \cos \theta$

$\triangle QSX_0$  において、 $RP = SX_0 = Y_0 \sin \theta$

これより

$$OP = X_0 \cos \theta + Y_0 \sin \theta \dots (1)$$

10  $\theta$ で両辺を微分すると

$$dy'/d\theta = -X_0 \sin \theta + Y_0 \cos \theta \dots (2)$$

カムのプロフィールは直線PQの自絡線として求められるから、上記式(1)、(2)を連立させて $\theta$ を消去し、2式の両辺を2乗して加えると、

を昇り区間における加速度の変化に比べて穏やかにでき、高速回転域での弁の挙動を安定化することができる。とともに、弁着座時のバウンス現象を防止できる。

【0027】また請求項3の発明によれば、下り区間の正加速度の最大値 $\alpha_{dn}$ を昇り区間の正加速度の最大値 $\alpha_{up}$ より小さくしたので、加速度の急激な変化を防止でき、慣性力の変化を穏やかにでき、もって高速回転域での弁の挙動を良くすることができるとともに、特に着座時の加速度の変化を小さくでき、弁着座時のバウンス現象を回避できる。

【0028】また、請求項4の発明によれば、下り側の正加速度区間の長さ $\theta_{0dn}$ を昇り側の正加速度区間の長さ $\theta_{0up}$ より大きくしたので、弁開面積と開時間との積に基づいて求められる角度面積が下り区間の最大加速度 $\alpha_{dn}$ を小さくしたことにより小さくなるのを抑制できる。

【0029】図14(a)、(b)、(c)はそれぞれ、弁揚程曲線 $y$ 、速度係数曲線 $y'$ 、加速度係数曲線 $y''$ を示す。同図において $\alpha_{dn}$ を $\alpha_{up}$ より小さくする一方、 $\theta_{0dn}$ を $\theta_{0up}$ より大きくしたので、加速度の積

分値である面積 $H$ を大きくでき、速度曲線 $y'$ における最大値 $y'_{Dmax}$ を大きくできる。定性的には $y'_{Dmax}$ が大きいほど弁揚程曲線 $y$ における最大値 $y_{max}$ を大きくとることができる。 $y_{max}$ を大きくとれば面積 $B$ (角度面積)を大きくとことができ、吸気量を十分確保してエンジン性能を向上できる。

【0030】請求項5の発明によれば、下り区間の区間長さ $\theta_{ldn}$ を昇り区間の区間長さ $\theta_{lup}$ より大きくしたので、請求項4の発明と同様に、弁開面積と開時間との積に基づいて求められる角度面積が下り区間の最大加速度 $\alpha_{dn}$ を小さくしたことにより小さくなるのを抑制でき、吸気量を十分に確保してエンジン性能を向上できる。

【0031】請求項6の発明によれば、下り区間の区間長さ $\theta_{ldn}$ を昇り区間の区間長さ $\theta_{lup}$ より大きくし、さらに下り区間の正加速度区間の長さ $\theta_{0dn}$ を昇り側の正加速度区間の長さ $\theta_{0up}$ より大きくしたので、角度面積が下り区間の最大加速度 $\alpha_{dn}$ を小さくしたことにより小さくなるのをより一層確実に防止でき、吸気量を十分に確保してエンジン性能を向上できる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付図面に基いて説明する。図1～図7は請求項1の発明に係る第1実施形態のエンジンの動弁装置を説明するための図である。図1はSOHCタイプの動弁装置の断面側面図、図2はDOHCタイプの動弁装置の断面側面図、図3はカムノーズのプロフィールを示す模式図、図4はカムノーズのプロフィールを曲率半径で示す図、図5はカム軸回転角度と加速度係数、速度係数との関係を、図6はカム軸回転角度とカムノーズ・リフト間荷重との関係を、図7はカム軸回転角度とカム面の応力との関係を説明するための特性図である。

【0033】図1において、1はSOHCタイプの動弁装置を備えた水冷式4サイクル複数気筒エンジンであり、これはそれぞれアルミ合金製のクランクケース(図示せず)上にシリンダボディ10、シリンダヘッド11、ヘッドカバー20を積層結合し、上記シリンダボディ10内に圧入されたシリンダライナ10cのシリンダボア内にピストン14を摺動自在に挿入配置し、該ピストン14をコンロッドで上記クランクケース内のクランク軸に接続した概略構造のものであり、図1は1つの気筒の動弁装置の断面側面図である。

【0034】また上記シリンダヘッド11のシリンダボディ側面には燃焼室 $E$ を形成する燃焼凹部11aが凹設されており、該燃焼凹部11aには3つの吸気弁開口18と2つの排気弁開口15が燃焼室 $E$ の外周に沿うよう配置されて開口しており、該各吸気弁開口18、排気弁開口15は吸気ポート31、排気ポート32によりシリンダヘッド11の後壁、前壁に導出されている。なお、10aはシリンダボディ10に形成された水冷ジャケット、30bは点火プラグの電極である。

【0035】上記各吸気弁開口18、各排気弁開口15は、動弁装置40により進退駆動される吸気弁25、排気弁26の弁頭25a、26aにより開閉される。該各吸気弁25、排気弁26は、その弁軸25b、26bがシリンダヘッド11とヘッドカバー20で形成されるカム室24内に突出するようにかつ軸方向に進退自在に配設されており、突出端に装着されたリテーナ34とシリンダヘッド11のばね座との間に介在された弁ばね35により閉方向に付勢されている。

【0036】上記動弁装置40は、燃焼室 $E$ の略中心の上方を通るようにクランク軸方向に配置された1本のカム軸36と、該カム軸36の両側でかつ上方に配置された吸気ロッカ軸46及び排気ロッカ軸47と、該各ロッカ軸46、47により揺動自在に支持された1気筒当たり3本の吸気ロッカアーム43、2本の排気ロッカアーム42とを備えている。

【0037】上記カム軸36は各気筒毎に3つの吸気カムノーズ36aと2つの排気カムノーズ36bを有し、燃焼室略中央部分及び両端部分がシリンダヘッド11に形成されたカム軸受及びこれに装着された軸受キャップにより回転自在に支持されている。

【0038】また上記吸気ロッカ軸46、排気ロッカ軸47はヘッドカバー20の内面に下方に突設されたボス部20a、20aにより固定支持されている。そして上記吸気ロッカアーム43、排気ロッカアーム42の内側端部には上記カムノーズ36a、36bに摺接する摺動面43a、42aが形成され、外側端部には上記吸気弁25、排気弁26の弁軸25b、26bの上端面に当接するアジャストボルト48、49が軸方向位置を調整可能に螺挿されている。なお48a、49aはロックナットであり、50はヘッドカバー12に着脱可能に装着された弁隙間調整用キャップである。

【0039】図2において、1は直動式のDOHCタイプの動弁装置60を備えた水冷式4サイクルエンジンであり、図1と同一符号は同一又は相当部分を示す。この動弁装置60は、吸気弁25、排気弁26をそれぞれ独立の吸気カム軸61、排気カム軸62のカムノーズ36a、36bによりリフト63a、63bを介して開閉駆動するようになっている。

【0040】上記図1、図2の各カム軸36、61、62の吸気カムノーズ36a、排気カムノーズ36bは本実施形態の特徴をなすカムプロフィールを有しており、このカムプロフィールについて詳述する。なお、以下の説明は、主として図2に示す直動式の動弁装置における吸気カムノーズ36aの場合を説明しているが、排気カムノーズ36bについても同様である。また図1の動弁装置における吸気カムノーズ36a、排気カムノーズ36bについても同様である。

【0041】図3、図4は反時計回りに回転する上記吸気カムノーズ36a、排気カムノーズ36bのカムプロ

フィルを説明するための図であり、同一タイミングにおける状態を示す。図中、TDCinは排気・吸入行程における上死点、BDCinは吸入・圧縮行程における下死点、TDCexは圧縮・爆発行程における上死点、BDCexは爆発・排気行程における下死点を示す。また $\theta_{in}$ 、 $\theta_{ex}$ はそれぞれ上記TDCin、I 燃焼サイクル前のTDCin'を基準としたカム軸回転角度、 $r_{in}$ 、 $r_{ex}$ はそれぞれ上記TDCin、TDCin'からカムノーズとリフタとの接触点Bin、Bexまでのカム軸回転角度、Bin<sub>o</sub>、Bex<sub>o</sub>は最大リフト時の接触点、Pinは上記接触点Binからリフタ63aの摺接面に垂直の直線上に位置する曲率中心、Rinは上記接触点Bin、部分の曲率半径を示す。

【0042】なお、図3において、排気カムノーズを $\beta$ 角だけ戻した時の排気カムノーズとリフタとの相対位置を、排気カムノーズを固定してリフタを移動させて図示しており、この時のリフタが63b'であり、 $\theta_{ex'}$ はこの時のI 燃焼サイクル前のTDCin'を基準としたカム軸回転角、Bex'はカムノーズとリフタとの接触点、 $r_{ex'}$ はI 燃焼サイクル前のTDCin'を基準としたカムノーズとリフタとの接触点Bex'までのカム軸回転角度、Pex'は上記接触点Bex'からリフタ63b'の摺接面に垂直の直線上に位置する曲率中心、Rex'は上記接触点Bex'部分の曲率半径を示す。

【0043】図3において、カムプロフィールに固定する仮想のTDCinラインは、このラインがリフタ63aの軸線に一致したときピストンが排気・吸入行程の上死点に位置し、カムプロフィールに固定する仮想のTDCexラインはこのラインが排気リフタ63bの軸線に一致したときピストンが圧縮・爆発行程の上死点に位置するものである。そして図示の状態は、吸気カムノーズ36aはTDCinラインが排気・吸入行程の上死点位置から矢印方向（カム軸回転方向）に $\theta_{in}$ だけ回転し、かつ排気カムノーズ36bはI 燃焼サイクル前のTDCin'を基準として $\theta_{ex}$ （ $=\theta_{in}+360^\circ$ ）だけ回転していることを示している。

【0044】上記吸気カムノーズ36aは、弁リフト作用を行わないベース円部70aと、ランプ部と実際に弁をリフトさせる部分からなるリフト部70bとからなり、排気カムノーズ36bは同様にベース円部71bとリフト部71bとからなる。上記ベース円部70a、71aはカム軸心Cを中心とする半径R<sub>o</sub>の円弧からなり、リフト部70b、71bの曲率半径は上記カム軸回転角度 $\theta_{in}$ 、 $\theta_{ex}$ （あるいは $r_{in}$ 、 $r_{ex}$ ）に応じて図4に示すように設定されている。

【0045】図4において実線、破線はそれぞれ排気カムノーズ36b、吸気カムノーズ36aの曲率半径をカム軸回転角 $\theta$ 及びクランク軸回転角Qをパラメータとして表したものである。図から判るように、ベース円部70a、71a部分は半径R<sub>o</sub>一定であり弁のリフト作用

は生じない。

【0046】一方、リフト部70b、71bの曲率半径については、弁の開き始め付近a及び閉じ終わり付近bで最大値に設定されており、そのためリフト量は弁の開き始め付近、又は閉じ終わり付近では緩やかに増加し、又は減少する。また上記開き始め付近と閉じ終わり付近との間の部分cでは、曲率半径はベース円部70a、71aの半径R<sub>o</sub>より小さい値に設定されており、弁リフト量は放物線状に増加することとなる。

【0047】そして、従来のカムプロフィールの場合、上記開き始めと閉じ終わりの間の部分cにおける曲率半径は一定あるいは図4で下方に凸に設定されていたのに対し、本実施形態では最大リフトに対応する部分dの曲率半径R<sub>ex<sub>o</sub></sub>、R<sub>in<sub>o</sub></sub>をその進角側及び遅角側に隣接する部分の曲率半径R<sub>ex<sub>o</sub>'</sub>、R<sub>in<sub>o</sub>'</sub>より $\Delta R$ だけ大きく設定している。即ち、従来のカム軸の最大リフト部分のカムプロフィールが尖っていたのに対し、本実施形態の最大リフト部分のカムプロフィールは従来のものよりベース円部の半径に近くなっている。

【0048】ここで上記 $\theta_{in}$ と $r_{in}$ の間にはカムの形状から求まる一定の関係、即ち

$$r_{in} = f_1(\theta_{in})$$

がある。またR<sub>in</sub>は $r_{in}$ の関数でもあり、 $\theta_{in}$ の関数でもある。即ち、

$$R_{in} = f_2(r_{in}) = f_2(f_1(\theta_{in})) = g_1(\theta_{in})$$

の関係がある。なお、 $g_1(\theta_{in})$ は図4に示す曲率半径を示すデータを意味する。従って、図4に示す $R_{in} = g_1(\theta_{in})$ のデータが与えられれば、 $R_{in} = f_2(r_{in})$ 、及び $r_{in} = f_1(\theta_{in})$ が求まり、従ってカムノーズの形状が定まる。すなわち、カム軸中心Cと接触点Binとの間の距離をZ<sub>in</sub>、カム軸中心Cから降ろしたリフタへの法線におけるカム軸中心Cとリフタ間の距離をy<sub>in</sub>とする時、曲率半径R<sub>in</sub>( $r_{in}$ )が決まれば、幾何学的なカムプロフィールを決めるZ<sub>in</sub>( $r_{in}$ )及び、一定のカム軸回転角速度で吸気カムを回転した時のカム軸回転角に対する弁リフト量を決めるy<sub>in</sub>( $\theta_{in}$ )が定まる。このカム軸中心Cとリフタ間の距離y<sub>in</sub>が本願に言う吸気カムノーズにおけるカムリフト曲線である。なお、排気カムノーズについても同様である。

【0049】図5は、カム軸回転角( $\theta$ )の変化に対する、カムリフト曲線y(mm)及び加速度係数曲線 $y'' = d^2 f(\theta) / d\theta^2$  (mm/rad<sup>2</sup>)の変化を示している。本第1実施形態のカムノーズのプロフィールは、最大弁リフト付近における加速度係数の絶対値 $\alpha$ が進角側及び遅角側に隣接する弁リフト域での加速度係数の絶対値 $\alpha'$ より $\Delta\alpha$ だけ小さくなるように、かつ弁リフトが増加する区間（昇り区間）、減少する区間（下り区間）の両方に弁リフト速度が最大でかつ一定となる等速度区間 $\phi_{up}$ 、 $\phi_{dn}$ を有するように設定されている。なお、昇り区間、下り区間の何れか一方のみに等速度区間を設ける

ことも可能である。

【0050】図6はカムノーズとリフトとの間に作用する荷重をカム軸回転角度をパラメータとして表したものである。カムノーズとリフトとの間に作用する荷重は、弁ばねの発生する荷重と、慣性力〔弁、リフト、弁ばねの一部からなる慣性マスに加速度を乗算したもの。最大リフト付近では加速度係数が負であり、慣性力は負となる。また、加速度は図5の加速度係数 $y''$  (mm/rad<sup>2</sup>)に、実際のカム軸回転角速度(例えば $\omega$  rad/sec)を2乗したものを掛けたものすなわち $y'' \times \omega^2$  (mm/sec<sup>2</sup>)となる。)との和で表される。本実施形態カムプロファイルの場合、図5から判るように、最大リフト付近での負の加速度係数が小さくなっていることから、最大リフト付近でのカムノーズとリフトとの間の荷重 $F$ は、従来の荷重 $F'$ に比較して $\Delta F$ だけ増加する。その結果、リフトのカムノーズへの追従性が向上し、より高速回転まで安定して作動し、限界回転数を高めることができる。

【0051】図7はカムノーズのカム面に作用する応力をカム軸回転角度をパラメータとして表したものである。カム面の応力はHertzの応力式から判る通り、カムノーズとリフトとの間に作用する荷重の平方根に比例するとともに、カムの曲率半径の平方根に反比例する。本実施形態のカムプロファイルでは、上述のように最大リフト付近の曲率半径が大きく設定されており、そのためカム面応力は $\sigma$ となり、従来のカム面応力 $\sigma'$ より $\Delta \sigma$ だけ応力が低下する。

【0052】慣性力はカム軸回転速度の2乗に比例するので、低速、中速回転域では、弁バネ荷重に対して慣性力が相対的に小さくなり、カムプロファイル全体で見た場合に最大リフト部分の応力が最大値を示すのが一般的である。従って、低速、中速回転が常用される自動車用エンジンの場合、最大リフト域部分の応力が高いことが動弁装置全体の耐久性を低下させることとなる。本実施形態では、上述のように最大リフト付近のカム面応力を従来のものより $\Delta \sigma$ だけ低下させたので、カム軸、ひいては動弁装置全体の耐久性を向上できる。

【0053】図8は請求項2の発明に係る第2実施形態を説明するためのカム軸回転角度と弁リフト、速度係数、加速度係数との関係を示す特性図である。本第2実施形態では、上記第1実施形態に加えて、弁リフトが減少する下り区間の等速度区間長さ $\phi_{dn}$ が、弁リフトが増加する昇り区間の等速度区間長さ $\phi_{up}$ より小さくなるようにカムノーズのカムプロファイルが設定されている。

【0054】本第2実施形態では、下り区間の等速度区間長さ $\phi_{dn}$ を昇り区間の等速度区間長さ $\phi_{up}$ より小さくしたので、下り区間における加速度の変化を昇り区間における加速度の変化に比べて穏やかにでき、高速回転域での弁の挙動を安定化することができるとともに、弁着座時のバウンス現象を防止できる。

【0055】図9は請求項3の発明に係る第3実施形態

を説明するためのカム軸回転角度と弁リフト、速度係数、加速度係数との関係を示す特性図である。本第3実施形態では、上記第2実施形態に加えて、弁リフトが減少する下り期間における加速度係数の最大値 $\alpha_{dn}$ が弁リフトが増加する昇り区間における加速度係数の最大値 $\alpha_{up}$ より小さくなるようにカムノーズのカムプロファイルが設定されている。

【0056】本第3実施形態では、下り区間の加速度の最大値 $\alpha_{dn}$ を昇り区間の加速度の最大値 $\alpha_{up}$ より小さくしたので、下り区間の正加速度の変化を穏やかにでき、特に下り区間の正加速度の影響を大きく受ける着座時のバウンス現象を抑制することができ、弁着座時の挙動を安定化できる。

【0057】図10は、請求項4の発明に係る第4実施形態を説明するためのカム軸回転角度と弁リフト、速度係数、加速度係数との関係を示す特性図である。本第4実施形態では、上記第3実施形態に加えて、弁リフトが減少する下り区間における正加速度区間長さ $\theta_{0dn}$ が、弁リフトが増加する昇り区間における正加速度区間長さ $\theta_{0up}$ より大きくなるようにカムプロファイルが設定されている。

【0058】上記下り区間の正加速度区間の長さ $\theta_{0dn}$ を昇り側の正加速度区間の長さ $\theta_{0up}$ より大きくしたので、弁開面積と開時間との積に基づいて求められる角度面積が下り区間の最大加速度 $\alpha_{dn}$ を小さくしたことにより小さくなるのを抑制できる。

【0059】即ち、図14(a)、(b)、(c)において、 $\alpha_{dn}$ を $\alpha_{up}$ より小さくする一方、 $\theta_{0dn}$ を $\theta_{0up}$ より大きくしたので、加速度の積分値である面積 $H$ を大きくでき、速度曲線 $y'$ における最大値 $y'_{Dmax}$ を大きくできる。定性的には $y'_{Dmax}$ が大きいほど弁揚程曲線 $y$ における最大値 $y_{max}$ を大きくとることができる。 $y_{max}$ を大きくとれば面積 $B$ (角度面積)を大きくとることができるので、吸気量を十分確保してエンジン性能を向上できる。下り側の正加速度区間における加速度の最大値 $\alpha_{dn}$ を小さくできるため、閉弁時のバウンドを防止でき、もって高回転での挙動を向上できる。

【0060】図11は請求項5の発明に係る第5実施形態を説明するためのカム軸回転角度と弁リフト、速度係数、加速度係数との関係を示す特性図である。本第5実施形態では、上記第3実施形態に加えて、下り区間の区間長さ $\theta_{ldn}$ を昇り区間の区間長さを $\theta_{lup}$ より小さくなるようにカムプロファイルが設定されている。

【0061】本第5実施形態では、弁開面積と開時間との積に基づいて求められる角度面積が下り区間の最大加速度 $\alpha_{dn}$ を小さくしたことにより小さくなるのを抑制でき、吸気量を十分に確保してエンジン性能を向上できる。

【0062】図12は、請求項6の発明に係る第6実施形態を説明するためのカム軸回転角度と弁リフト、速度

10

20

30

40

50

係数、加速度係数との関係を示す特性図である。本第6実施形態では、上記第4実施形態に加えて、下り区間の正加速度区間の長さ $\theta_{0dn}$ が昇り側の正加速度区間の長さ $\theta_{0up}$ より大きくなるようにカムノーズのカムプロファイルが設定されている。

【0063】本第6実施形態では、下り区間の正加速度区間の長さ $\theta_{0dn}$ を昇り側の正加速度区間の長さ $\theta_{0up}$ より大きくしたので、角度面積が下り区間の最大加速度 $\alpha_{dn}$ を小さくしたことにより小さくなるのをより一層確実に防止でき、吸気量を十分に確保してエンジン性能を向上できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1の発明に係る第1実施形態によるSOHCタイプの動弁装置の断面側面図である。

【図2】上記第1実施形態装置が適用されたDOHCタイプの動弁装置の断面側面図である。

【図3】上記第1実施形態装置のカム軸のカムノーズを模式的に示す図である。

【図4】上記第1実施形態装置のカムノーズのカムプロファイルを曲率半径で表す特性図である。

【図5】上記第1実施形態におけるカム軸回転角度と加速度係数、速度係数、弁リフトとの関係を示す特性図である。

【図6】上記第1実施形態のカム軸回転角度とカムノーズ・リフト間荷重特性図である。

【図7】上記第1実施形態のカム軸回転角度・カム面応力特性図である。

【図8】請求項2の発明に係る第2実施形態のカム軸回転角度・加速度係数特性図である。

【図9】請求項3の発明に係る第3実施形態のカム軸回

\* 転角度・加速度係数特性図である。

【図10】請求項4の発明に係る第4実施形態のカム軸回転角度・加速度係数特性図である。

【図11】請求項5の発明に係る第5実施形態のカム軸回転角度・加速度係数特性図である。

【図12】請求項6の発明に係る第6実施形態のカム軸回転角度・加速度係数特性図である。

【図13】本発明における等速度区間を設けたことによる作用効果を説明するための図である。

【図14】本発明における等速度区間を設けたことによる作用効果を説明するための図である。

【図15】従来のカム軸回転角度・加速度加速度の関係を示すための図である。

【符号の説明】

1 エンジン

2 5 吸気弁

2 6 排気弁

3 6 カム軸

4 0, 6 0 動弁装置

y 弁リフト曲線

y' 加速度係数

$\alpha_{dn}$  下り区間加速度最大値

$\alpha_{up}$  昇り区間の加速度最大値

$\theta_{0dn}$  下り区間正加速度区間長さ

$\theta_{0up}$  昇り区間正加速度区間長さ

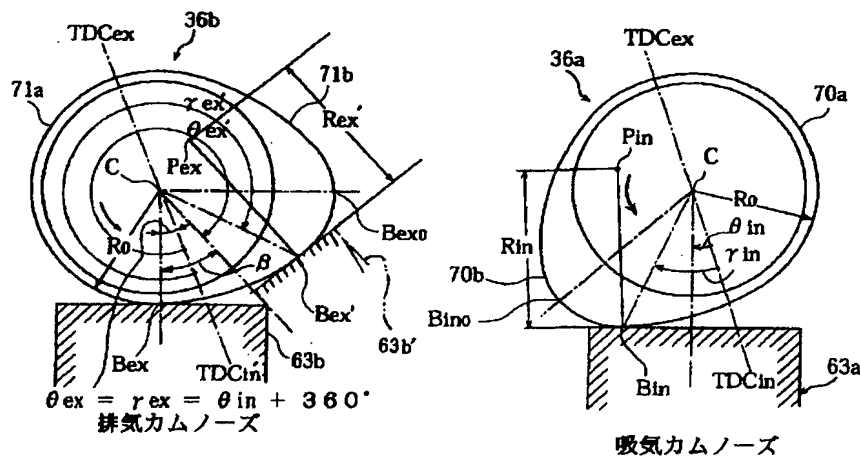
$\theta_{1dn}$  下り区間長さ

$\theta_{1up}$  昇り区間長さ

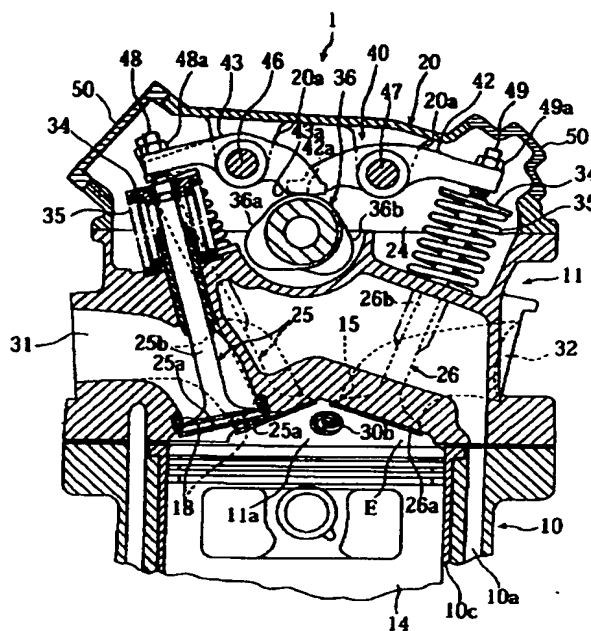
$\phi_{dn}$  下り区間の等速度区間長さ

$\phi_{up}$  昇り区間の等速度区間長さ

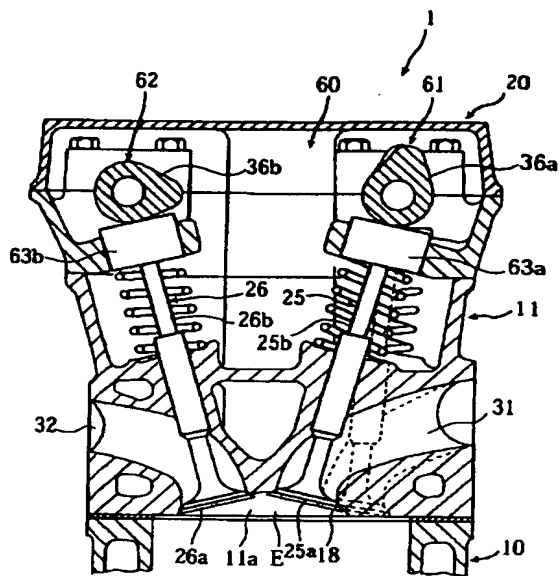
【図3】



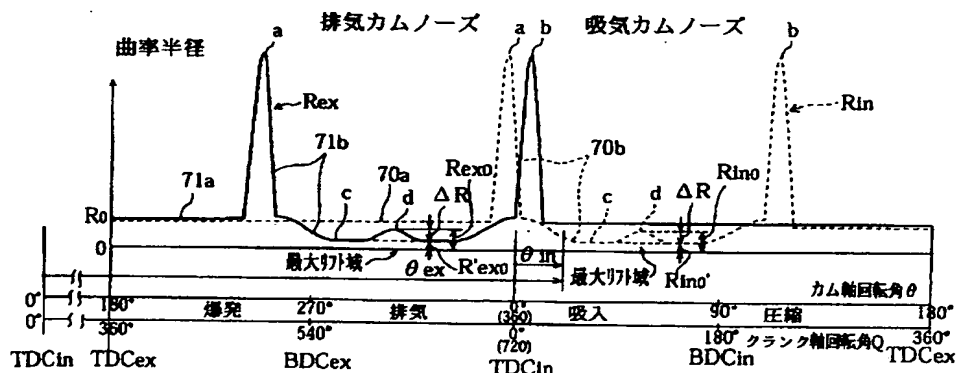
【図 1】



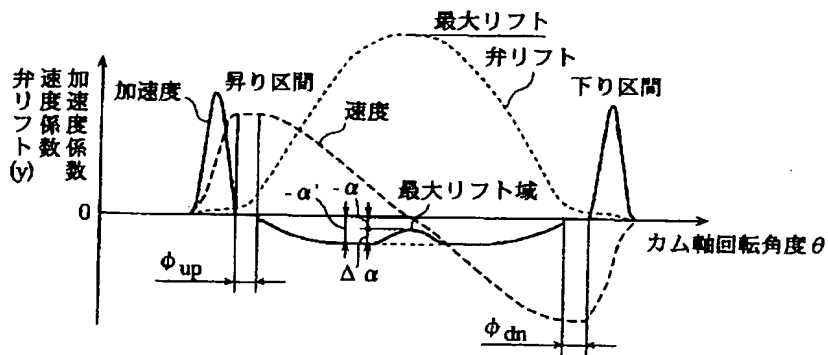
【図 2】



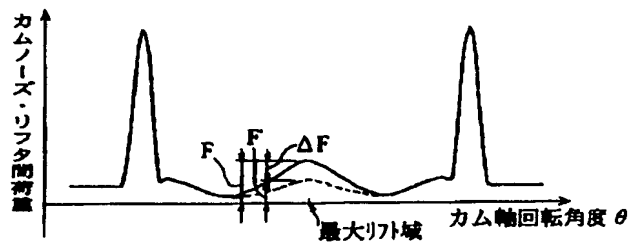
【図 4】



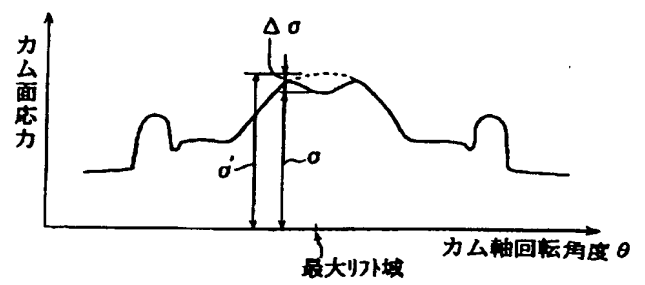
【図 5】



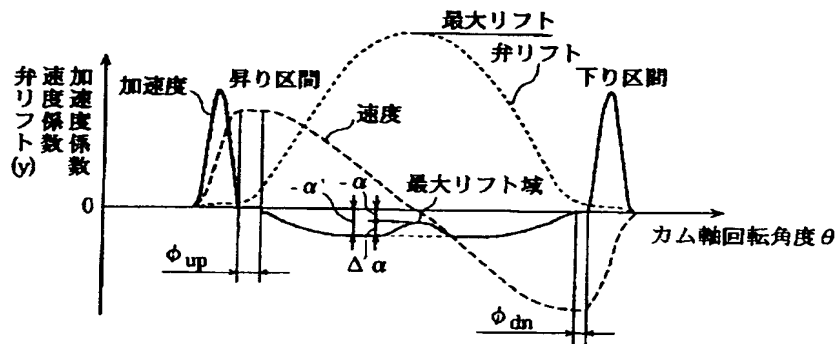
【図6】



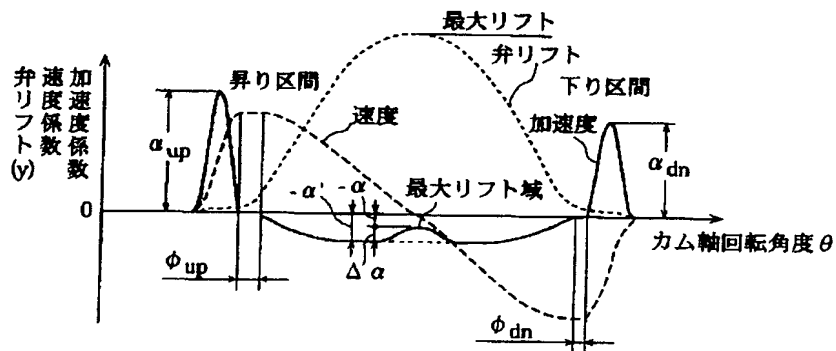
【図7】



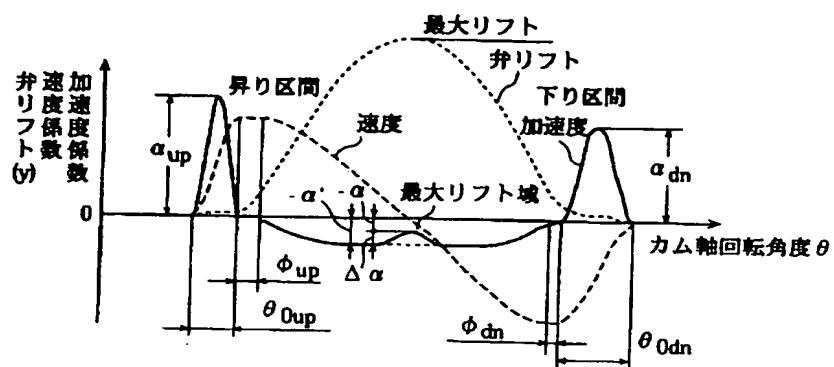
【図8】



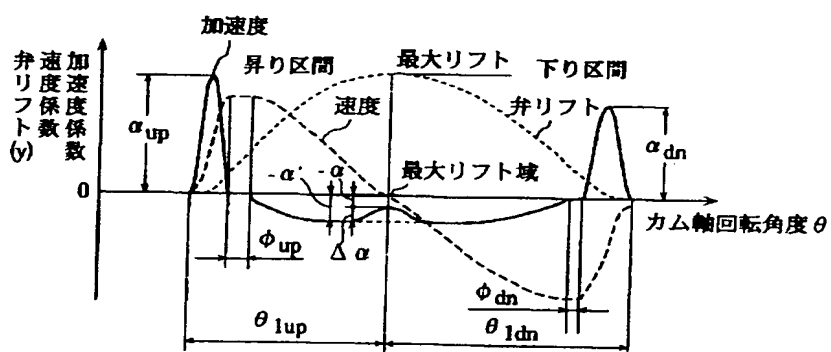
【図9】



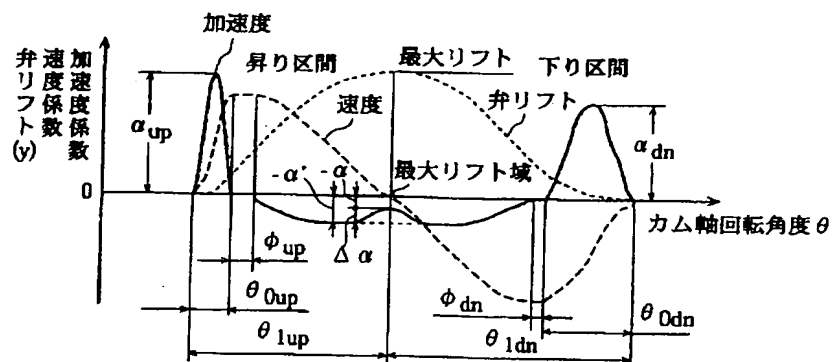
【図 10】



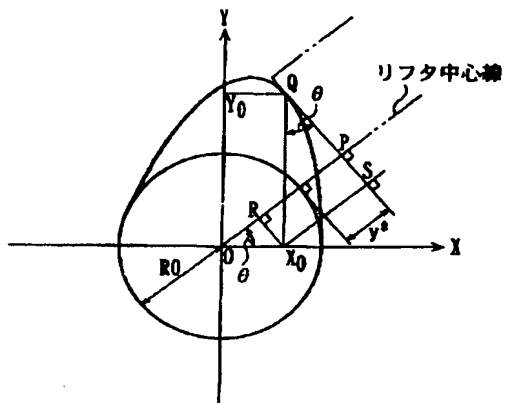
【図 11】



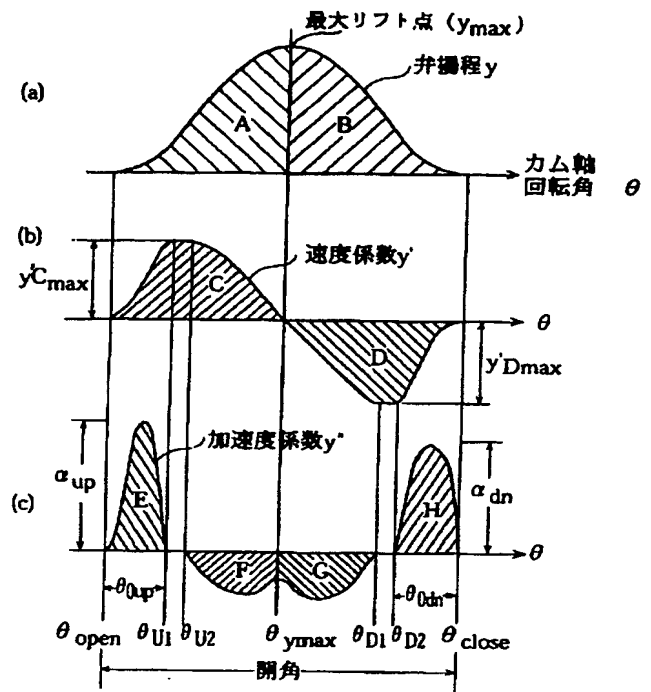
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【図 15】

